

V-18

FWD測定たわみ分布への多層弾性論の適用性について

神戸大学 正 西 勝
大成建設㈱ 正 山下 剛
神戸大学大学院 学 畠山 昌平

1. まえがき

近年、FWDによるたわみ測定結果を多層弾性論で逆解析することにより、舗装構成層の弾性係数を算定し、舗装構造を評価しようとする研究が進められている。しかし、舗装を構成している路床や路盤層の材料特性は非線形性を有しており、線形として算定された弾性係数がどこまで信頼できるか疑問である。そこで本研究では、非線形性を考慮した軸対称反復有限要素法(以下単にFEMと略す)による表面変位の解析値をFWD測定値と仮定し、多層弾性論に基づく構造評価法の適用性を検証してみることにした。

2. 解析概要

解析断面及び解析条件: 解析の対象とした舗装断面は、表層材にアスファルトコンクリート、路盤材に粒調砕石を用いた3層構造及び、上層路盤材に鉄鋼スラグ(複合スラグ)、下層路盤材に切込砕石を用いた4層構造を設定した。また路床材はいずれの場合も粘性土とし、路床設計CBRは6%とした。表-1に具体的な断面寸法を示す。実際の舗装挙動を再現できると仮定したFEMについては既に報告している¹⁾ので省略する。なお、多層弾性論については姫野によって開発されたELSA²⁾を使用した。舗装温度は夏(48℃)、冬(4℃)、春(20℃)の3種の温度を設定した。また、荷重条件としては、FWD測定で一般的に用いられている5tfとし、比較のため2.5tf載荷重も設定した。

表-1 設定舗装断面

舗装構造		A	B	C	D
3層	路盤厚(cm)	32	32	38	49
	上層路盤(cm)	14	14	15	21
4層	下層路盤(cm)	15	15	20	22
	表層厚(cm)	5	10	15	20

材料特性: 有限要素解析に入力した舗装構成材料の復元定数は、実験結果³⁾に基づいて、表-2のように設定した。なお、粘性路床土の復元定数はCBR値との相関関係⁴⁾より、スラグ路盤材の復元定数は水硬性発現の完了した状態での回帰式より、表層材のスティフネスは各種実験結果をまとめた温度との相関関係⁵⁾より、それぞれ設定した。

表-2 舗装構成材料特性の設定

舗装構成材料	復元変形係数 M_r (kgf/cm ²)	復元ポアソン比 ν_r
粘性土(路床)	$6/(-0.017+0.259q)+288$	$-0.222\log 6-0.076\eta^2+0.228\eta+0.28$
切込砕石(下層路盤)	$960p^{0.42}$	$-0.126\eta^2+0.350\eta+0.106$
粒調砕石(上層路盤)	$1250p^{0.88}$	$0.345\eta-0.080\eta^2$
複合スラグ(上層路盤)	$7500p^{0.535}(2.0/q)^{0.42}$ $q < 2.0$ $7500p^{0.535}$ $q \geq 2.0$	0.023
アスコン(表層)	冬: 112000、春: 71000、夏: 2400	0.4

p: 平均主応力、q: 偏差応力、η: 応力比(q/p)

解析方法: 逆解析方法としては、3層構造では笠原ら⁶⁾が用いている凶解法を、4層構造においてはたわみ曲線を一致させる試算方法を、それぞれ採用し弾性係数の推定を行った。

表-3 路盤、路床の弾性係数の算定結果(3層構造)

3. 解析結果

表-3、表-4に弾性係数の推定結果を3層構造と4層構造に分けて示す。表より、3層構造においては路盤の弾性係数E₂は舗装厚が厚くなるほど増加し、同じ舗装厚でも表層の弾

交通区分	表層(E ₁) (kgf/cm ²)	5tf載荷重		2.5tf載荷重	
		路盤(E ₂) (kgf/cm ²)	路床(E ₃) (kgf/cm ²)	路盤(E ₂) (kgf/cm ²)	路床(E ₃) (kgf/cm ²)
A	2400	380	575	550	560
	71000	710	530	780	510
	112000	690	570	780	550
B	2400	610	560	680	540
	71000	900	515	1060	470
	112000	1000	540	1300	480
C	2400	710	520	740	510
	71000	1250	510	1400	465
	112000	1800	470	1850	435
D	2400	740	490	760	470
	71000	2300	370	2100	350
	112000	3000	340	3000	315

性係数 E_1 の増加とともに増加する傾向が認められる。一方、路床の弾性係数 E_3 は舗装厚が厚くなるとともに、またおなじ舗装厚でも E_1 の増加とともに、若干ではあるが減少するようである。さらに、載荷重の差異による影響も各舗装断面で若干認められる。

表-4 路盤、路床の弾性係数の算定結果(4層構造)

交通区分	表層(E_1) (kgf/cm ²)	5tf載荷重			2.5tf載荷重		
		上層路盤(E_{2U}) (kgf/cm ²)	下層路盤(E_{2L}) (kgf/cm ²)	路床(E_3) (kgf/cm ²)	上層路盤(E_{2U}) (kgf/cm ²)	下層路盤(E_{2L}) (kgf/cm ²)	路床(E_3) (kgf/cm ²)
A	2400	6500	950	660	2500	1500	760
	71000	5600	1200	600	2600	2800	550
	112000	4700	1400	590	2400	3200	540
B	2400	4700	1400	630	2900	2400	590
	71000	4100	2300	500	3800	2900	500
	112000	4400	2600	550	5700	2300	510
C	2400	4400	1500	580	3500	2000	550
	71000	5000	3500	450	5500	3200	420
	112000	6000	4000	440	7300	4000	400
D	2400	4300	2300	520	4000	2000	500
	71000	14000	3500	350	28000	500	330
	112000	16000	2000	360	32000	1200	300

4層構造については、上層路盤、下層路盤の弾性係数 E_{2U} 、 E_{2L} と舗装厚や E_1 との関係は明確ではないが、概ね3層構造の場合と同様な傾向が認められる。なお、図-1は3層構造5tf載荷重での解析結果を示すが、笠原らによる図解法は、舗装厚が薄く、舗装温度が高くなると、載荷中心軸付近で一致しなくなる場合が生じるようである。

4. あとがき

以上の結果より、多層弾性論によって逆解析された路床、路盤層の弾性係数は、舗装厚、舗装温度、載荷条件によってかなり変動することが認められた。したがって、この構造評価法を適用する場合には、それぞれの影響要因について十分配慮する必要があるように思われる。

参考文献

- 1) 西 勝 他：円形走行試験におけるアスファルト舗装挙動の構造解析について、建設工学研究所報告、第25号、pp.199-210、1983
- 2) 姫野 賢治：パソコンによる舗装の多層弾性構造解析、アスファルト、Vol. 32、No. 161、pp. 65-72、1989
- 3) 西 勝 他：円形走行試験におけるアスファルト舗装の挙動とその解析、土木学会論文集、第426号/V-14、pp. 101-110、1991
- 4) 西 勝 他：現行のたわみ性舗装の疲労破壊に関する一考察、建設工学研究所報告、第20号、pp. 67-80、1978
- 5) Masaru Nisi: Structural Analysis and Design of Flexible Pavement, Thesis for Doctor Degree, Kyoto Univ., 1982
- 6) 笠原 篤 他：舗装構造解析へのフォーリング・ウェイト・デフレクトメーターの一利用、土木学会論文集、第420号/V-13、pp. 43-49、1990

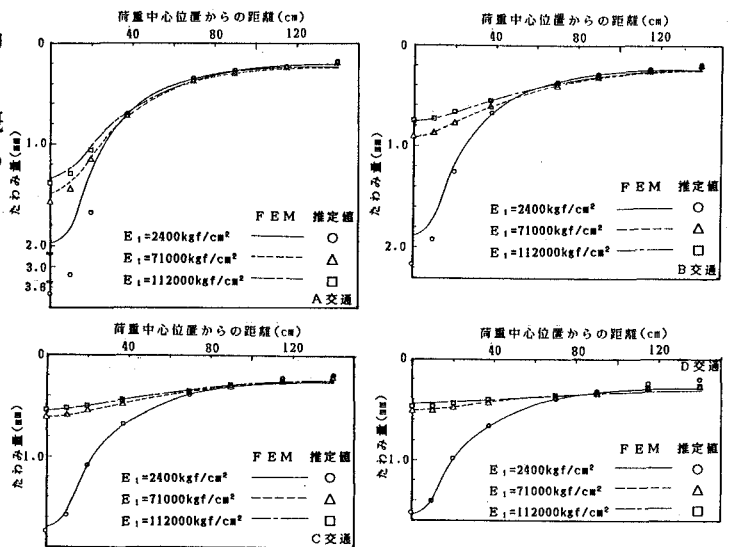


図-1 3層構造(5tf載荷重)の解析結果